

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 101 934 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.05.2001 Patentblatt 2001/21

(51) Int Cl.7: F03D 1/06, F03D 11/04

(21) Anmeldenummer: 00125085.1

(22) Anmelddatum: 17.11.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 18.11.1999 DE 19955516

(71) Anmelder: Enron Wind GmbH
48499 Salzbergen (DE)

(72) Erfinder: Weitkamp, Roland, Dipl.-Ing.
49191 Böhl (DE)

(74) Vertreter: Hilleringmann, Jochen, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
von Kreisler-Selting-Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus)
50667 Köln (DE)

(54) Windkraftanlage mit bewegbarem Bordkran

(57) Die Windkraftanlage (10) ist mit einem Turm (14) und einem an dem Turm (14) um eine Vertikalachse (20) drehbaren Maschinengehäuse (18) zur Aufnahme zumindest einer Welle (28) mit einem Wellenlager (27), eines Getriebes (32) und eines Generators (36), untereinander mechanisch verbunden sind, versehen, wobei das Maschinengehäuse (18) einen radial vom Turm (14) abstehenden Gehäuseteil (24) aufweist. Ferner weist die Windkraftanlage (10) einen Rotor (29) mit einer mit der Welle (28) verbundenen Nabe (30) und mit mindestens einem von dieser abstehenden Rotorblatt (31) und einen im Maschinengehäuse (18) angeordneten Bordkran (52) mit einem Gestell (53) und einem Lastaufnahmegerät (62) auf, wobei das Gestell (53) des Bordkrans (52) zum Anhängen sowohl des Generators (36) als auch des Getriebes (32) an dem Lastaufnahmegerät (62) an dem Maschinengehäuse (18) bewegbar geführt ist, in der Bodenwand (48) des radial vom Turm (14) abstehenden Maschinengehäuseteils (24) eine Öffnung (50) ausgebildet ist, und die Öffnung (50) in der Bodenwand (48) derart bemessen ist, dass durch sie hindurch mittels des Bordkrans (52) sowohl der Generator (36) als auch das Getriebe (32) hindurch bewegbar ist.

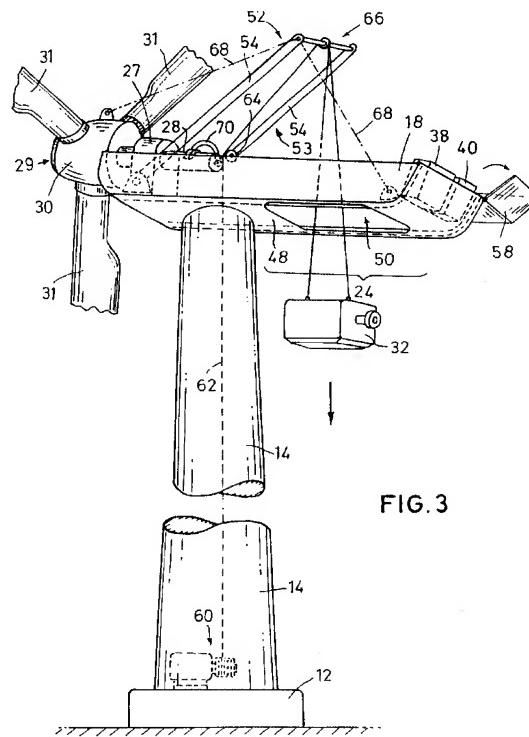


FIG. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage sowie ein Verfahren zum Austausch der Hauptkomponenten des Maschinengehäuses einer Windkraftanlage mittels bordeigenen Mitteln.

[0002] Für die Montage einer Windkraftanlage sind entweder sehr große Krane erforderlich, um das Maschinengehäuse (auch Gondel genannt) als Ganzes zu heben (Gewichte bis zu 100 t bei heutigen Gondeln), oder die Hauptkomponenten des Maschinengehäuses werden einzeln auf den Turm gehoben. Bei den Hauptkomponenten handelt es sich in erster Linie um den Rotor, bestehend aus Rotornabe mit mindestens einem Rotorblatt, die Hauptwelle mit Wellenlagerung, den Generator und das zwischen Welle und Generator geschaltete Getriebe. Diese Hauptkomponenten bilden den Triebstrang der Windkraftanlage. Wie bei der Montage, so ist auch beim Austausch einer dieser Hauptkomponenten sowie für die Montage und den Austausch des Rotors ein Kran erforderlich.

[0003] Dieses Problem verschärft sich in dem Augenblick, in dem das Gewicht der Gondel an die Grenzen der Krankapazität kommt bzw. diese überschreitet oder Windkraftanlagen in weniger stark industrialisierten Ländern, in denen beispielsweise mobile Krane nicht so ohne weiteres zur Verfügung stehen, betrieben werden. Hier bietet es sich an, die Windkraftanlage mit einem bordeigenen Kransystem zu versehen, wie es in der AT-PS 401674 beschrieben ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Bordkransysteme für die derzeit weit verbreiteten WKA-Konzepte ungeeignet sind oder sehr stabil und damit schwergewichtig ausgebildet sein müssen, um die einzelnen Komponenten bei aus dem Gehäuse auskragendem Kran ablassen und anheben zu können.

[0004] In DE 196 47 515 A1 und DE 197 41 988 A1 werden Verfahren zum Aufbau einer Windkraftanlage beschrieben, bei denen zum Aufbau des Turms durch Aufeinandersetzen einzelner Turmsegmente ein längs dieser hochfahrbarer Kran verwendet wird, der schließlich auch das Maschinengehäuse und dessen Hauptkomponenten zur Turmspitze befördert. Aus DE 28 23 525 A1 ist schließlich bekannt, das Maschinengehäuse mittels Seile, die ausgehend von einer am Boden des Turms angeordneten Winde über Umlenkrollen am oberen Ende des Turms zurück nach unten geführt sind, anzuheben.

[0005] Es ist bereits auf der Fachmesse "Substain '99 - The World Sustainable Energy Fair" (25. bis 27. Mai 1999) von der Anmelderin Windenergie erstmals der Öffentlichkeit ein Konzept vorgestellt worden, bei dem der Generator mittels eines bordeigenen Kransystems durch eine Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses aus diesem heraus abgelassen bzw. in dieses hineinbefördert wird. Bei diesem Konzept besteht allerdings noch das Problem, dass im Falle eines Getriebeschadens das Getriebe weiterhin mittels eines ex-

ternen Krans nach oben aus dem Maschinengehäuses herausgehoben bzw. von oben in das Maschinengehäuse hinein abgesenkt werden muss.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Windkraftanlage zu schaffen, die unter Beibehaltung eines bewährten Maschinenkonzeptes derart konstruiert ist, dass die einzelnen Bordkomponenten des Maschinengehäuses auf einfachere Weise mittels eins bordeigenen Kransystems getauscht bzw. montiert werden können.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung eine Windkraftanlage nach Anspruch 1 vorgeschlagen.

[0008] Wie bei einer Windkraftanlage üblich, befinden sich in bzw. an einem auf einem Turm angeordneten Maschinengehäuse eine Welle mit mindestens einem Wellenlager, ein Getriebe, ein Generator und ein Rotor. Diese Komponenten (nachfolgend auch als Hauptkomponenten bezeichnet) bilden den Triebstrang der Windkraftanlage und sind entlang einer Achse des Maschinengehäuses nebeneinanderliegend und untereinander mechanisch verbunden angeordnet. Während die Welle aus der einen Seite des Maschinengehäuses herausragt, befindet sich das Getriebe innerhalb des Maschinengehäuses im wesentlichen in Verlängerung des Turms, während der Generator in einem radial vom Turm abstehenden Teil des Maschinengehäuses untergebracht ist. An der Welle ist der Rotor mit einer Nabe befestigt, von der mindestens ein Rotorblatt radial abstehen. Unterhalb des Generators befindet sich in der Bodenwand des Maschinengehäuses eine Öffnung. Ferner befindet sich in dem Maschinengehäuse der erfindungsgemäß Windkraftanlage ein Bordkransystem, das insbesondere als schwenkbares und/oder verfahrbare Portalkranksystem ausgebildet ist.

[0009] Erfindungsgemäß ist die Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses derart bemessen, dass man durch diese Öffnung sowohl den Generator als auch bei nicht vorhandenem Generator, also bei noch nicht montiertem oder bereits demontiertem oder von der Öffnung weggeschobenem Generator, das Getriebe hindurchtransportieren kann. Zu diesem Zweck lässt sich der Bordkran derart manövrieren, dass sich gegebenenfalls nach dem Ablassen oder Verschieben des Generators das Getriebe innerhalb des Gehäuses bis über die Bodenwandöffnung bewegen und alsdann durch die Bodenwandöffnung ablassen lässt. Der umgekehrte Vorgang findet dann beim Einbau des Getriebes statt.

[0010] Mit der Erfindung wird also vorgeschlagen, die Öffnung in der Bodenwand des Maschinengehäuses für das Getriebe bzw. nicht nur für die Montage, den Einbau und den Ausbau des Generators, sondern auch für das Getriebe zu nutzen.

[0011] Um das Volumen des Maschinengehäuses trotz Unterbringung eines bordeigenen Kransystems relativ klein zu halten, ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, in der Oberseite

des Maschinengehäuses eine Öffnung vorzusehen, die mit einer oder mehreren Klappen verschlossen und geöffnet werden kann. Noch vorteilhafter ist es, wenn mittels entsprechender Klappen- bzw. Deckelkonstruktionen sich die gesamte obere Maschinengehäusehälfte aufklappen lässt. Der Bordkran kann dann aus einer Parkposition, in der er abgeklappt oder auf andere Weise eine nur geringe Bauhöhe aufweist, in eine Arbeitsposition aufgerichtet werden, in der er oben aus dem Maschinengehäuse durch die Öffnung herausragt. Ein seitliches Herauskragen des Bordkrans zur Seite und/oder nach hinten aus dem Maschinengehäuse ist jedoch nach der Erfindung nicht vorgesehen, da der Generator und das Getriebe über die Bodenwandöffnung aus dem Maschinengehäuse abgelassen bzw. bis in dieses angehoben werden.

[0012] Das Maschinengehäuse der erfindungsgemäß Windkraftanlage ist ferner mit einer vorzugsweise neben dem Generator angeordneten Kranluke versehen, durch das hindurch das Gestell des Krans oder zumindest das Seil bis außerhalb des Maschinengehäuses bewegbar ist. Hierdurch lassen sich sämtliche Nebenaggregate des Maschinengehäuses, wie beispielsweise Kühler, Ölpumpen, Azimutantriebe usw., nach unten ablassen bzw. nach oben anheben. Um zu vermeiden, dass Komponenten beim Ablassen durch Windturbulenzen an den Turm schlagen, werden diese Komponenten zweckmäßigerweise durch geeignete Vorrichtungen, wie beispielsweise ein gespanntes Stahlseil oder eine außen an der Turmwand montierte Führungsschiene geführt.

[0013] Der Antrieb des Zugorgans, bei dem es sich insbesondere um ein Seil handelt, kann in dem Maschinengehäuse untergebracht sein. Um hierfür im Maschinengehäuse jedoch keinen Platz zur Verfügung stellen zu müssen, ist es zweckmäßig, eine Seilwinde oder der gleichen Lastzugorganantrieb am Fundament bzw. am unteren Ende des Turms anzutreiben, um dann das Seil durch den Turm bzw. außen am Turm vorbei bis oben in das Maschinengehäuse zu führen. Die Winde wird dann für die Dauer der Montagetätigkeit montiert (Kostenersparnis).

[0014] Durch den über die gesamte Länge des Gehäuses (betrachtet in axialem Richtung des Triebstrangs) bewegbaren Bordkran der erfindungsgemäß Windkraftanlage ist es darüber hinaus möglich, mit diesem Bordkran auch die Welle und das Hauptwellenlager abzulassen bzw. in das Maschinengehäuse zu heben. Beides kann sowohl über die Bodenwandöffnung als auch über die Vorderseite des Maschinengehäuses (dort, wo der Rotor angeordnet ist) erfolgen. Der zuletzt genannte Fall macht es erforderlich, dass der Bordkran derart verfahrbar bzw. verschwenkbar ist, dass er über die Vorderseite des Gehäuses auskragt. Dies hat darüber hinaus den Vorteil, dass der Bordkran nun auch für die Montage und den Austausch des Rotors verwendet werden kann. Die Montage des Rotors kann nämlich nun so erfolgen, dass zunächst die Nabe angehoben

und an der Welle befestigt wird, um danach das mindestens eine Rotorblatt oder sämtliche Rotorblätter einzeln anzuheben und an der Nabe zu befestigen. Die gleichen Verfahrensschritte erfolgen in umgekehrter

5 Reihenfolge bei der Abnahme des Rotors. Sofern kein Rotor an der Welle angebracht ist, lässt sich diese bei über die Vorderseite auskragbarem Kransystem ggf. nach vorheriger Entfernung des Hauptlagers oder mit diesem zusammen ablassen und anheben.

10 **[0015]** Weiterhin ist es zweckmäßig, den Kran bei montiertem Rotor zum Anheben bzw. Ablassen der Einbauten der Nabe (beispielsweise Rotorblattverstellsystem) einzusetzen.

[0016] Nachfolgend wird anhand der Zeichnung ein 15 Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Anhand der einzelnen Fign. 1 bis 6 werden dabei schematisch der Aufbau des Maschinengehäuses und die einzelnen Verfahrensschritte für den Austausch der Hauptkomponenten des Maschinengehäuses und des Rotors dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die einzelnen Verfahrensschritte in umgekehrter Reihenfolge bei der Montage und beim Einbau der Hauptkomponenten bzw. des Rotors ablaufen. Die Fign. 7 bis 9 zeigen weitere Alternativen von Windkraftanlagenkonstruktionen und

20 25 der Montage sowie Demontage des Rotors.

[0017] In Fig. 1 ist der prinzipielle Aufbau einer Windkraftanlage 10 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Auf einem Fundament 12 befindet sich der Turm 14, an dessen oberem Ende ein Maschinengehäuse 18 um eine vertikale Drehachse 20 drehbar gelagert ist. Das Maschinengehäuse 18 weist eine quer zur Vertikalachse 20 gerichtete Längserstreckung 22 auf und steht mit seinem Gehäuseteil 24 radial vom Turm 14 ab. An dem vorderen Ende 26 des Maschinengehäuses 18 befindet sich in diesem das Hauptlager 27 für die Welle 28, an der der Rotor 29 befestigt ist. Der Rotor 29 weist eine Nabe 30 mit im Regelfall ein, zwei oder drei Rotorblättern 31 auf. Die Welle 28 ist mechanisch mit einem Getriebe 32 verbunden, 30 35 das über eine schnellaufende Welle 34 mit einem Generator 36 verbunden ist. Optional befinden sich in dem Maschinengehäuse 18 ein Transformator 38 sowie diverse Schaltschränke 40.

[0018] Der Generator 36 steht auf Füßen 42, unter denen zwei quer zur Längserstreckung 22 verlaufende Quertraversen 44 angeordnet sind. Die Quertraversen 44 sind von unten an zwei in Längserstreckung 22 verlaufenden und voneinander beabstandeten Längsträgern 46 des Maschinengehäuses 18 befestigt. Unterhalb der Quertraversen 44 und der Längsträger 46 befindet sich in der Bodenwand 48 des Maschinengehäuses 18 eine Bodenöffnung 50, die derart bemessen ist, dass der Generator 36 sich durch diese Öffnung hindurch in das Maschinengehäuse 18 hinein- bzw. aus dem Maschinengehäuse 18 herausbewegen lässt.

[0019] Alternativ zur Lagerung des Generators auf Querträgern kann dieser auch direkt an dem Getriebe 32 angeflanscht sein.

[0020] Die Beförderung des Generators 36 aus dem Maschinengehäuse 18 heraus bzw. in dieses hinein erfolgt mittels eines bordeigenen als Schwenkportalkran ausgebildeten Krans 52, der ein Gestell 53 mit zwei schwenkbaren Kranarmen 54 aufweist. In Fig. 1 ist der Bordkran 52 in seiner Parkposition dargestellt, in der er vollständig in dem Maschinengehäuse 18 untergebracht ist. Bei 56 sind in Fig. 1 Scharnierachsen für zwei Deckelklappen 58 des Maschinengehäuses dargestellt, die symmetrisch zur Längserstreckung 22 angeordnet sind. Durch Aufklappen dieser Deckelklappen 58 ist das Maschinengehäuse 18 nach oben hin geöffnet, so dass nun der Schwenkportalkran 52 aufgerichtet werden kann (s. Fig. 2). Unten am Fundament 12 des Turms 14 lässt sich eine Seilwinde 60 montieren, von der ein Seil 62 im Turm oder außen am Turm 14 vorbei bis in das Maschinengehäuse 18 und von dort über eine Umlenkrolle 64 bis zum oberen Ende 66 der Kranarme 54 verläuft. Zum Ablassen des Generators 36 wird der Schwenkportalkran 52 derart verschwenkt, dass die oberen Enden 66 seiner Arme 54 oberhalb des Generators 36 angeordnet sind. Nun kann der Generator 36 durch die Bodenöffnung 50 hindurch abgelassen bzw. angehoben werden.

[0021] Die Montage bzw. der Austausch des Getriebes 32 kann dann erfolgen, wenn sich der Generator 36 noch nicht im Maschinengehäuse 18 befindet oder wenn er zur Seite oder nach hinten von der Bodenöffnung 50 in eine Zwischenposition wegbewegt ist oder sich in seiner Betriebsposition außerhalb der Bodenöffnung befindet. Die Öffnung 50 in der Bodenwand 48 ist nämlich derart bemessen, dass das Getriebe 32, das im Regelfall größere Dimensionen quer zur Längserstreckung 22 des Gehäuses aufweist, ebenfalls durch diese Öffnung 50 hindurch transportiert werden kann. Der Transport des Getriebes 32 innerhalb des Maschinengehäuses 18 erfolgt dabei durch entsprechende Verschwenkung der Kranarme 54. Je nach Ausführung der Lagerung der Welle 28 (nämlich unter Einschluss des Getriebes als zweiter Lagerpunkt - sogenannte Dreipunktlagerung) kann es erforderlich sein, die Welle mittels einer Wellenniederhaltevorrichtung 70 zu fixieren, bevor das Getriebe 32 demontiert werden kann.

[0022] In den Fign. 2 und 3 sind Verzurrungen 68, z. B. handelsübliche Schwerlast-Kettenzüge, dargestellt, mit denen der Schwenkportalkran 52 einerseits am Maschinengehäuse 18 und andererseits an der Nabe 30 des Rotors 29 arretierbar ist. Der Schwenkportalkran 52 kann anstelle dieser Verzurrungen bzw. zusätzlich zu diesen Verzurrungen über Hydraulikstempel-/Zylinder-Einheiten verfügen, mit denen sich die Kranarme 54 verschwenken lassen.

[0023] Durch Verschwenken der Kranarme 54 in Richtung des vorderen Endes 26 des Gehäuses 18, bis die Enden 66 der Kranarme 54 über den Rotor 29 vorstehen, lässt sich der Schwenkportalkran 52 auch zur Montage sowie Demontage des Rotors 29 einsetzen. In der Darstellung gemäß Fig. 4 wird zunächst jedes ein-

zelne Rotorblatt 31 abgenommen, wobei man jeweils dasjenige Rotorblatt 31 montiert bzw. demontiert, das vertikal nach unten weisend an der Nabe 30 angebracht ist bzw. anzubringen ist. Nachdem auf diese Weise

- 5 sämtliche Rotorblätter 31 abgenommen sind, lässt sich die Nabe 30 ablassen (s. Fig. 5). Nachdem dies erfolgt ist, kann nun das Hauptwellenlager 27 ggf. mit der Hauptwelle 28 mittels des Schwenkportalkranks 52 abgelassen werden. Damit wird also die letzte Hauptkomponente des Maschinengehäuses 18 ebenfalls mit Hilfe des Schwenkportalkranks 52 abgelassen bzw. angehoben.

[0024] Bei der erfindungsgemäßen Windkraftanlage 10 lassen sich also sämtliche in der Höhe befindlichen

- 15 Komponenten durch bordeigene Mittel montieren bzw. demontieren. Dies stellt einen ganz entscheidenden Vorteil dar, wenn man die Windkraftanlage an Standorten aufbauen will, an denen externe Krane nicht so ohne weiteres verfügbar sind. Hier sei auch das Anwendungsbereich der Offshore-Anlagen genannt, bei denen bisher mit Schiffskrane gearbeitet wird, die Bewegungen des Schiffsrumpfs ausgleichen müssen, um die Hauptkomponenten montieren bzw. demontieren zu können.

[0025] In Fig. 7 ist schematisch eine alternative Konstruktion einer Windkraftanlage 10' mit Zweiblattrotor gezeigt. Soweit die in Fig. 7 gezeigten Teile der Windkraftanlage 10' denjenigen der Windkraftanlage 10 der Fign. 1 bis 6 gleichen bzw. funktionsmäßig entsprechen, sind sie mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0026] In Fig. 7 ist der Aufbau des Maschinengehäuses 18 so gewählt, dass die Bodenöffnung 50 entweder gar nicht oder lediglich teilweise von dem Generator 36 in dessen Betriebsposition überdeckt ist. Im erstgenannten Fall kann der Generator 36 in seiner Betriebsposition außerhalb der Bodenöffnung 50 verbleiben, wenn das Getriebe 32 ausgetauscht werden muss. Im zweitgenannten Fall ist es erforderlich, den Generator 36 aus seiner Betriebsposition, in der er teilweise die Bodenöffnung 50 überdeckt, in eine Zwischenposition innerhalb des Maschinengehäuses 18 zu verschieben, so dass dann die Bodenöffnung 50 freigelegt ist, um das Getriebe 32 auszutauschen.

[0027] Fig. 7 zeigt ein Maschinengehäuse 18 mit einem als Portalkran 52' ausgeführtem Kransystem, das eine auf dem Gestell 53 verfahrbare Laufkatze 55 aufweist. Um bei einem derartigen Portalkranksystem auch noch vor dem Rotor 29 arbeiten zu können, weist das Gestell 53 zwei Schwenkarne 54 auf, die an dem Gestell 53 schwenkbar gelagert sind. Alternativ können die schwenkbaren Arme 54 auch als aus dem Gestell 53 teleskopierbare Schienen ausgebildet sein, auf denen dann die Laufkatze 55 bis über und vor dem Rotor 29 verfahrbar ist.

[0028] Je nach Gewicht und Größe des Rotors 29 lässt sich dieser entweder als Einheit in einer Horizontalstellung (s. Fig. 8) oder in Einzelteilen in einer Vertikalstellung (s. Fig. 9) montieren bzw. demontieren. Im

letztgenannten Fall ist es erforderlich, dass der Portalkran 52' an seinem bis über und vor dem Rotor 29 verschwenkbaren vorderen Ende "gegabelt" ist, so dass die beiden Schwenkkarme 54 beidseitig des hochstehenden Rotorblatts 31 angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Windkraftanlage mit

- einem Turm (14),
- einem an dem Turm (14) um eine Vertikalachse (20) drehbaren Maschinengehäuse (18) zur Aufnahme zumindest einer Welle (28) mit mindestens einem Wellenlager (27), eines Getriebes (32) und eines Generators (36), die untereinander mechanisch verbunden sind, wobei das Maschinengehäuse (18) einen radial vom Turm (14) abstehenden Gehäuseteil (24) aufweist,
- einem Rotor (29) mit einer mit der Welle (28) verbundenen Nabe (30) und mit mindestens einem von dieser abstehenden Rotorblatt (31), und
- einem im Maschinengehäuse (18) angeordneten Bordkran (52,52') mit einem Gestell (53) und einem Lastaufnahmegergan (62), wobei
 - das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') zum Anhängen sowohl des Generators (36) als auch des Getriebes (32) an dem Lastaufnahmegergan (62) an dem Maschinengehäuse (18) bewegbar geführt ist,
 - in der Bodenwand (48) des radial vom Turm (14) abstehenden Maschinengehäuseteils (24) eine Öffnung (50) ausgebildet ist, und
 - die Öffnung (50) in der Bodenwand (48) derart bemessen ist, dass durch sie hindurch mittels des Bordkrans (52,52') sowohl der Generator (36) als auch das Getriebe (32) hindurch bewegbar ist.

2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der obere Teil des Maschinengehäuses (18) zumindest bereichsweise abnehmbar und/oder auf- bzw. abklappbar ist.

3. Windkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') derart bewegbar in dem Maschinengehäuse (18) angeordnet ist, dass an das Lastaufnahmegergan (62) sowohl das mindestens eine Wellenlager (27) als auch die Welle (28) anhängbar und bewegbar ist.

4. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis

5, dadurch gekennzeichnet, dass das Gestell (53) des Bordkrans (52,52') derart bewegbar in dem Maschinengehäuse (18) angeordnet ist, dass an das Lastaufnahmegergan (62) sowohl ein Rotorblatt (31) als auch die Nabe (30) - mit oder ohne dem mindestens eine Rotorblatt (31) - anhängbar ist.

5. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Bordkran (52,52') als Schwenkportalkran mit verschwenkbaren Armen (54) und/oder als verfahrbarer Portalkran ausgebildet ist.

10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000

6. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Anheben und Absenken des Lastaufnahmegergan (62) eine Winde (60) vorgesehen ist, die am Fuß des Turms (14) anbringbar ist, und dass sich das Lastaufnahmegergan (62) von der Winde (60) aus in oder an dem Turm (14) bis in das Maschinengehäuse (18) hinein erstreckt.

7. Verfahren zum Ausbau des Getriebes einer Windkraftanlage, die in einem an einem Turm drehbar angebrachten Maschinengehäuse untergebracht sind, wobei das Maschinengehäuse eine außerhalb des Turms (14) angeordnete Bodenöffnung (50) aufweist, über der sich innerhalb des Maschinengehäuses (18) gegebenenfalls der Generator (36) zumindest teilweise befindet, wobei bei dem Verfahren

- mittels eines in dem Maschinengehäuse (18) untergebrachten verfahrbaren und/oder verschwenkbaren Bordkrans (52,52') zunächst der Generator (36) demontiert oder entweder durch die Bodenöffnung (50) des Maschinengehäuses (18) abgelassen oder innerhalb des Maschinengehäuses (18) von der Bodenöffnung (50) wegbewegt wird,
- anschließend mittels des Bordkrans (52,52') das Getriebe (32) innerhalb des Maschinengehäuses (18) bis über die Bodenöffnung (50) bewegt wird und
- danach durch die Bodenöffnung (50) das Getriebe (32) mittels des Bordkrans (52,52') abgelassen wird
- oder
- mittels des Bordkrans (52,52') das Getriebe (32) direkt über die Bodenöffnung (50) des Maschinengehäuses (18) bewegt und durch die Bodenöffnung (50) abgelassen wird.

8. Verfahren zum Einbau des Getriebes einer Windkraftanlage, die in einem an einem Turm drehbar angebrachten Maschinengehäuse untergebracht sind, wobei das Maschinengehäuse eine außerhalb des Turms (14) angeordnete Bodenöffnung (50)

- aufweist, über der sich innerhalb des Maschinengehäuses (18) gegebenenfalls der Generator (36) zumindest teilweise befindet, wobei bei dem Verfahren
- mittels eines in dem Maschinengehäuse (18) untergebrachten verfahr- und/oder verschwenkbaren Bordkrans (52,52') zunächst das Getriebe (32) durch die Bodenöffnung (50) des Maschinengehäuses (18) in dieses gehoben wird,
 - danach mittels des Bordkrans (52,52') das Getriebe (32) innerhalb des Maschinengehäuses (18) bis zu seiner Einbaustelle von der Bodenöffnung (50) wegbewegt wird und
 - anschließend mittels des Bordkrans (52,52') der Generator (36) entweder durch die Bodenöffnung (50) hindurch in das Maschinengehäuse (18) gehoben wird oder innerhalb des Maschinengehäuses in seine Betriebsposition verschoben wird, oder
 - mittels des Bordkrans (52,52') das Getriebe (32) bei in seiner Betriebsposition befindlichen Generator (36) durch die Bodenöffnung (50) hindurch in das Maschinengehäuse (18) gehoben wird.
9. Verfahren zum Ausbau des Hauptlagers einer Welle einer Windkraftanlage, die in einem an einem Turm drehbar angebrachten Maschinengehäuse (18) untergebracht ist, wobei an der Welle ein Rotor mit einer Nabe und mit mindestens einem von dieser abstehenden Rotorblatt angebracht ist, wobei bei dem Verfahren
- mittels eines in dem Maschinengehäuse (18) untergebrachten verfahr- und/oder verschwenkbaren Bordkrans (52,52') zunächst der Rotor (29) abgelassen wird und
 - danach mittels des Bordkrans (52,52') das mindestens eine Lager (27) der Welle (28) zusammen mit der Welle (28) oder das mindestens eine Lager (27) und die Welle (28) getrennt nacheinander abgelassen werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ablassen des Rotors (29) mittels des Bordkrans (52,52') zunächst das mindestens eine Rotorblatt (31) oder die einzelnen Rotorblätter (31) abgelassen wird bzw. werden und anschließend mittels des Bordkrans (52,52') die Nabe (30) abgelassen wird.
11. Verfahren zum Anbau des Rotors einer Windkraftanlage an einer an einem Lager (27) gelagerten Welle (28), die beide in einem an einem Turm drehbar angeordneten Maschinengehäuse untergebracht sind, wobei bei dem Verfahren
- mittels eines in dem Maschinengehäuse (18) untergebrachten verfahr- und/oder verschwenkbaren Bordkrans (52,52') zunächst das Lager (27) oder die Welle (28) oder beide gemeinsam in das Maschinengehäuse (18) gehoben werden und
 - danach mittels des Bordkrans (52,52') der Rotor (29) angehoben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zum Anheben des eine Nabe (30) und mindestens ein Rotorblatt (31) aufweisenden Rotors (29) mittels des Bordkrans (52,52') zunächst die Nabe (30) angehoben und an der Welle (28) befestigt wird und anschließend mittels des Bordkrans (52,52') das mindestens eine Rotorblatt (31) oder die Rotorblätter (31) einzeln angehoben und an der Nabe (30) befestigt wird bzw. werden.

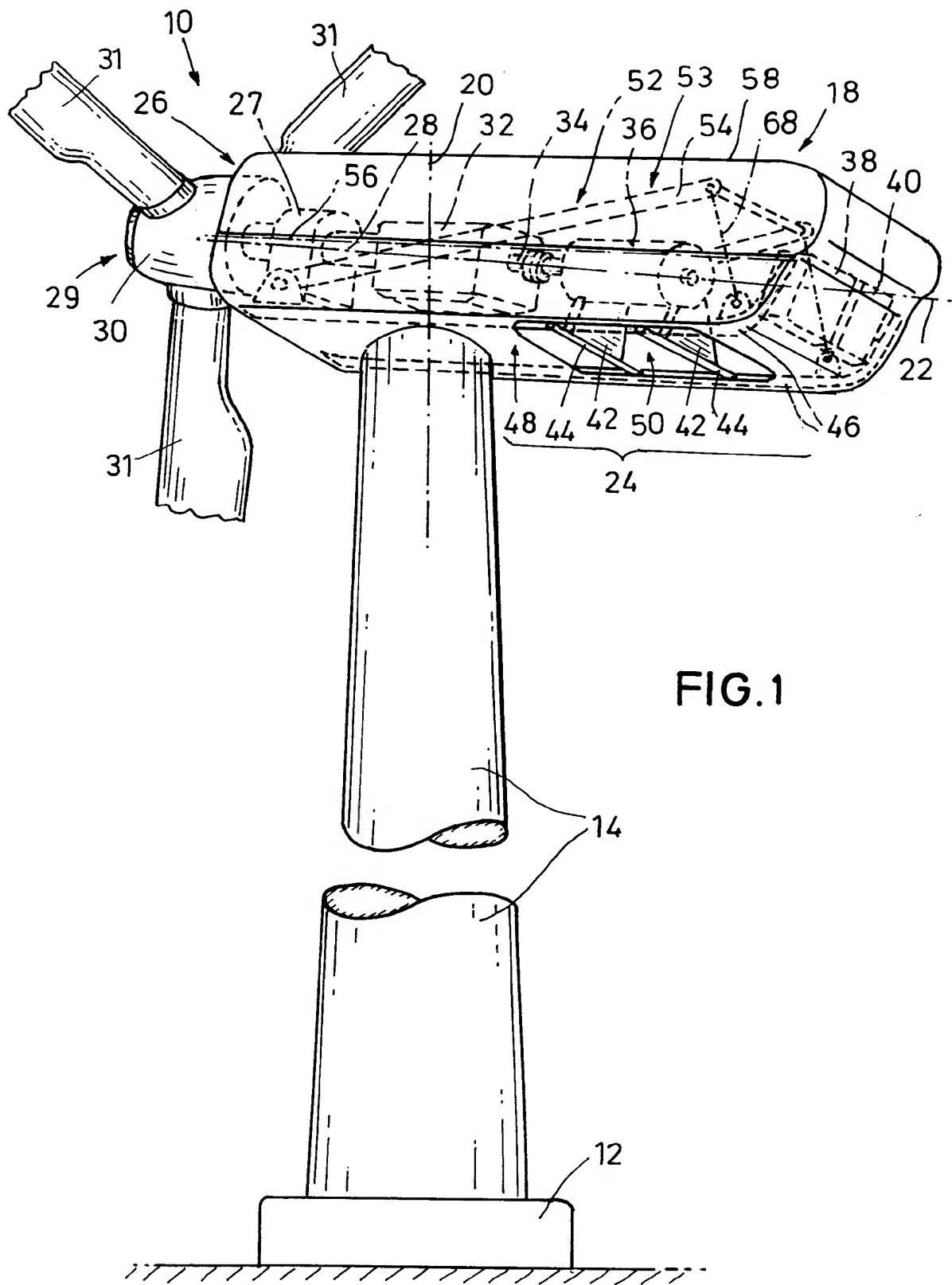


FIG.1

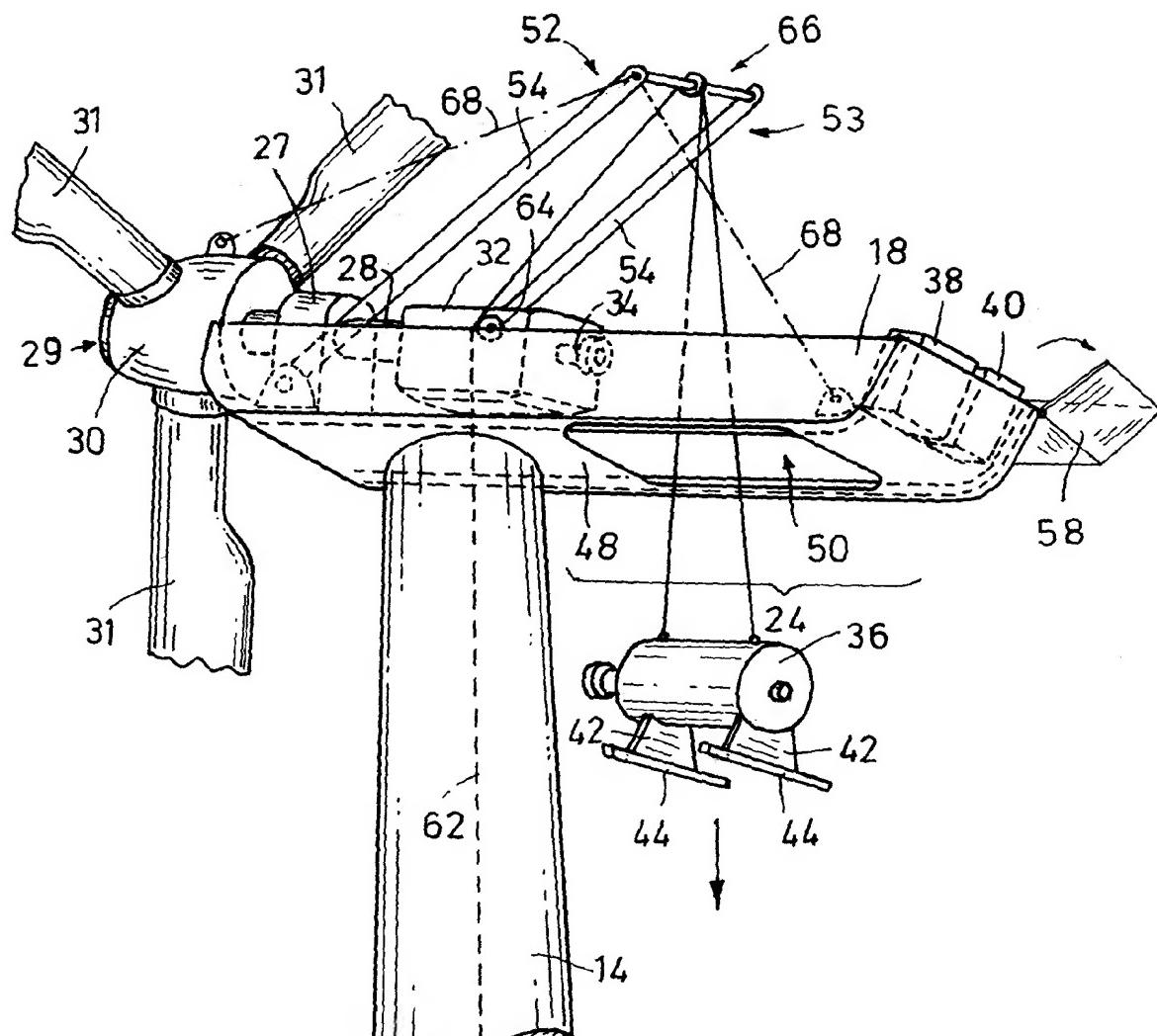
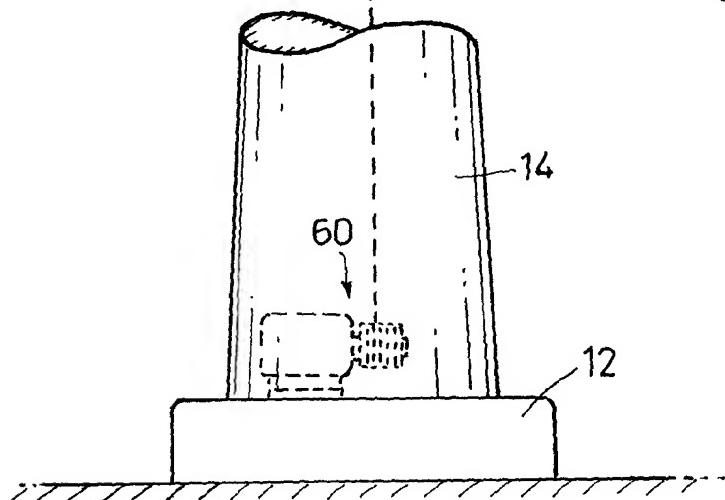
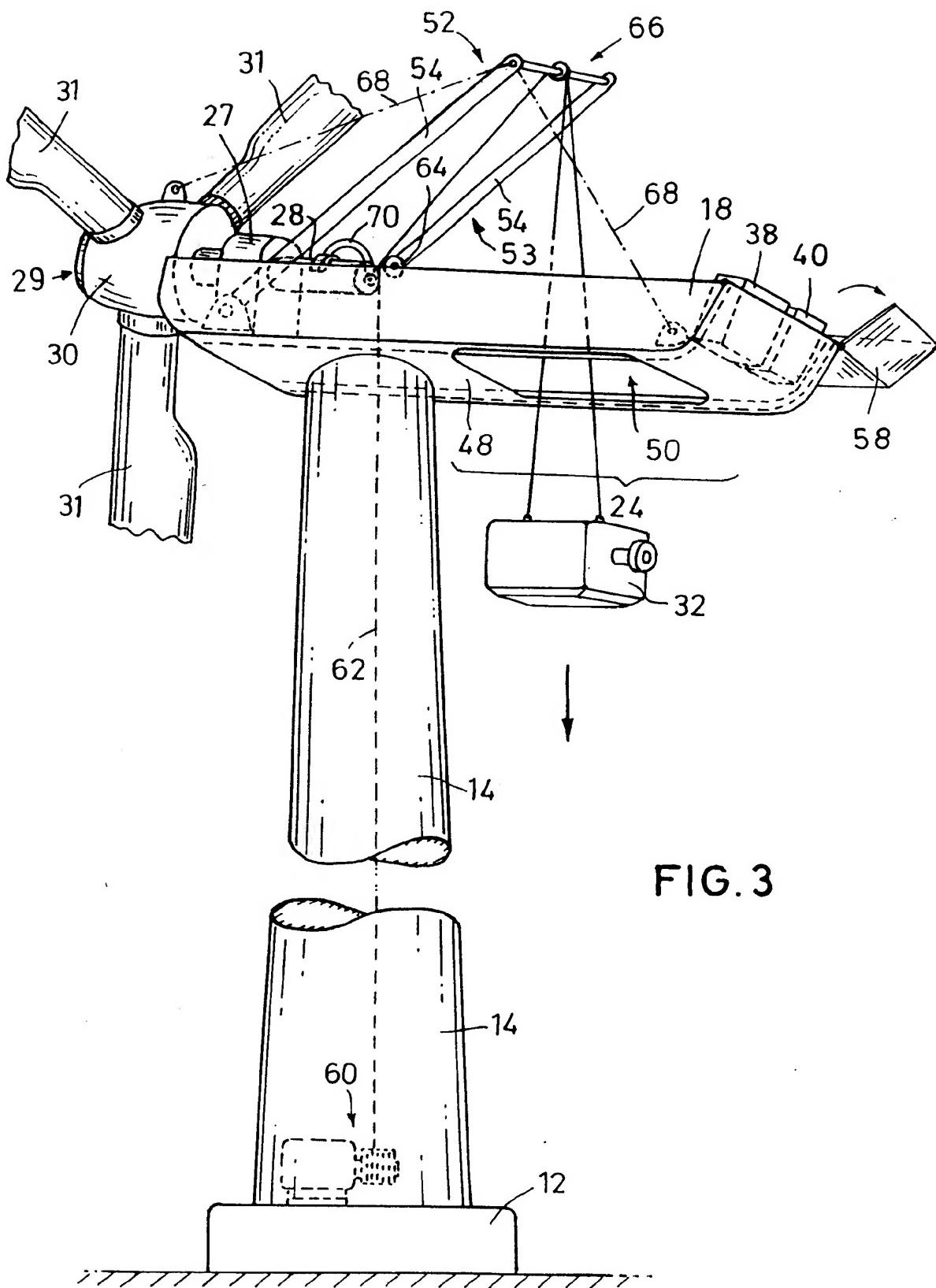


FIG.2





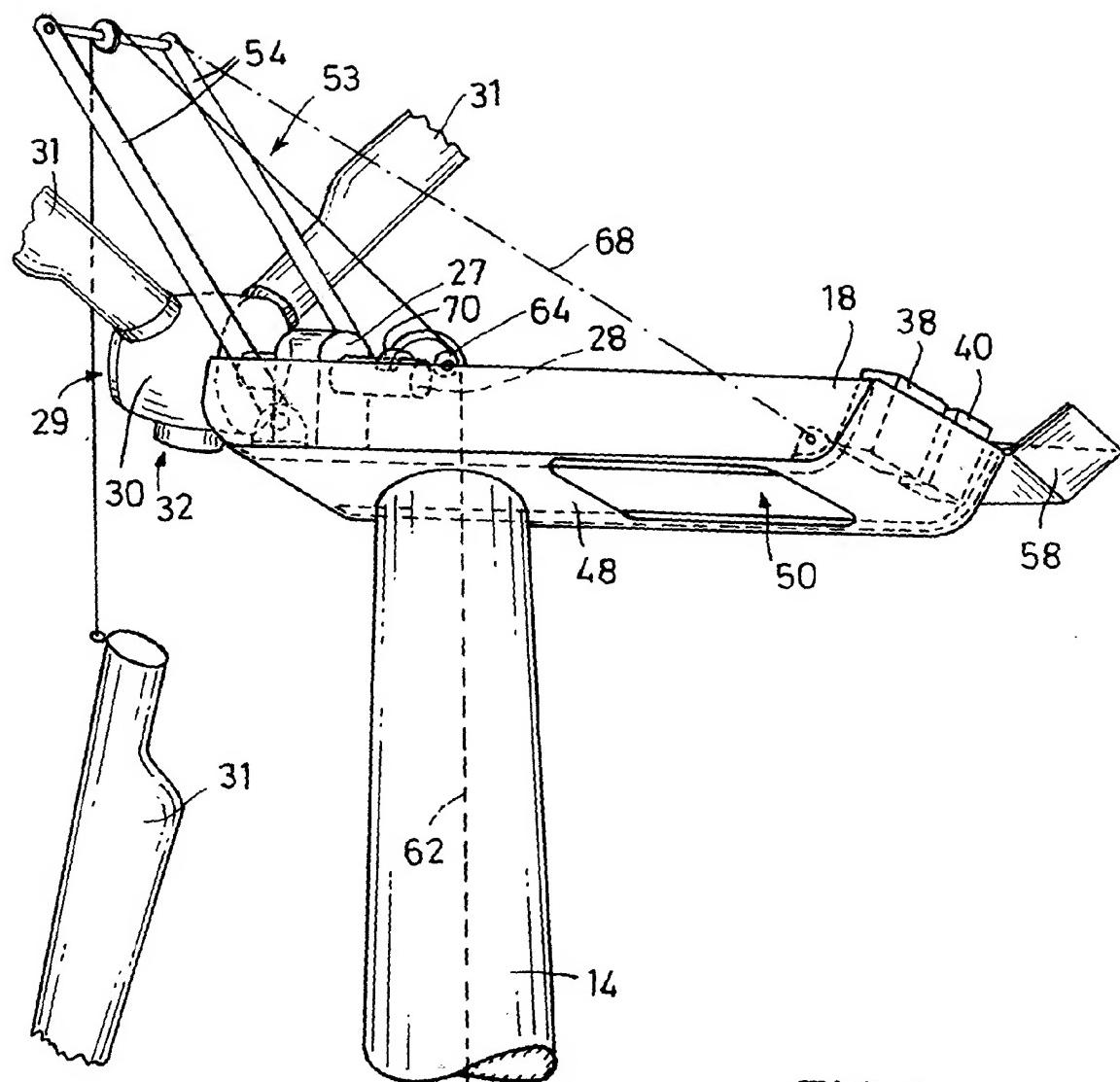
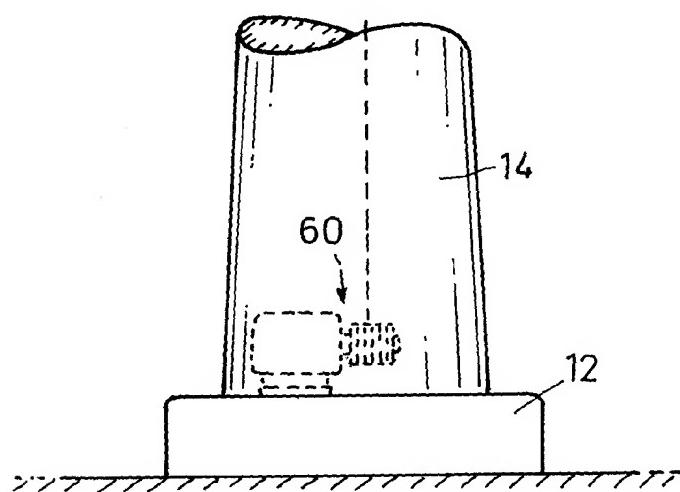


FIG.4



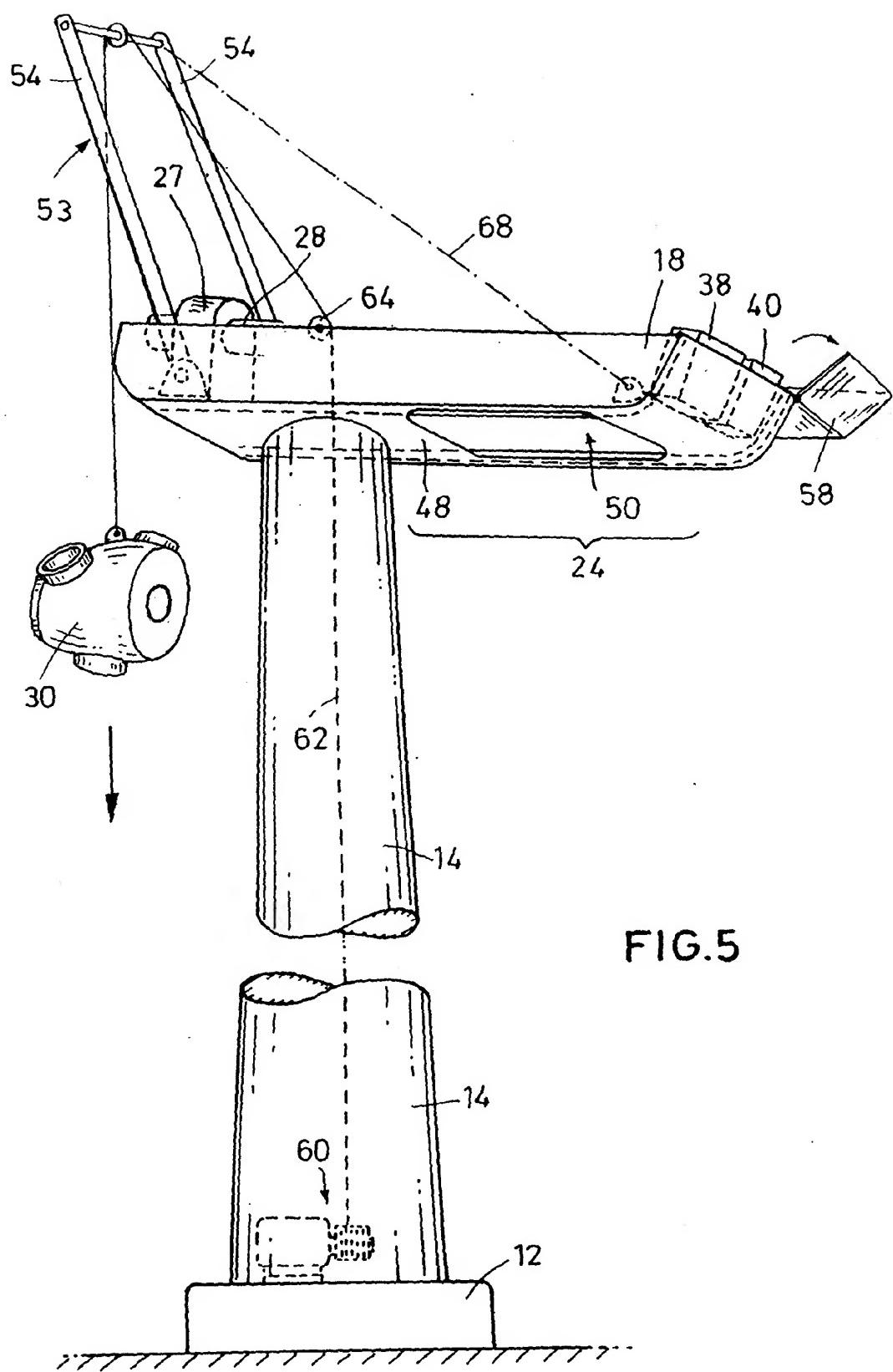


FIG.5

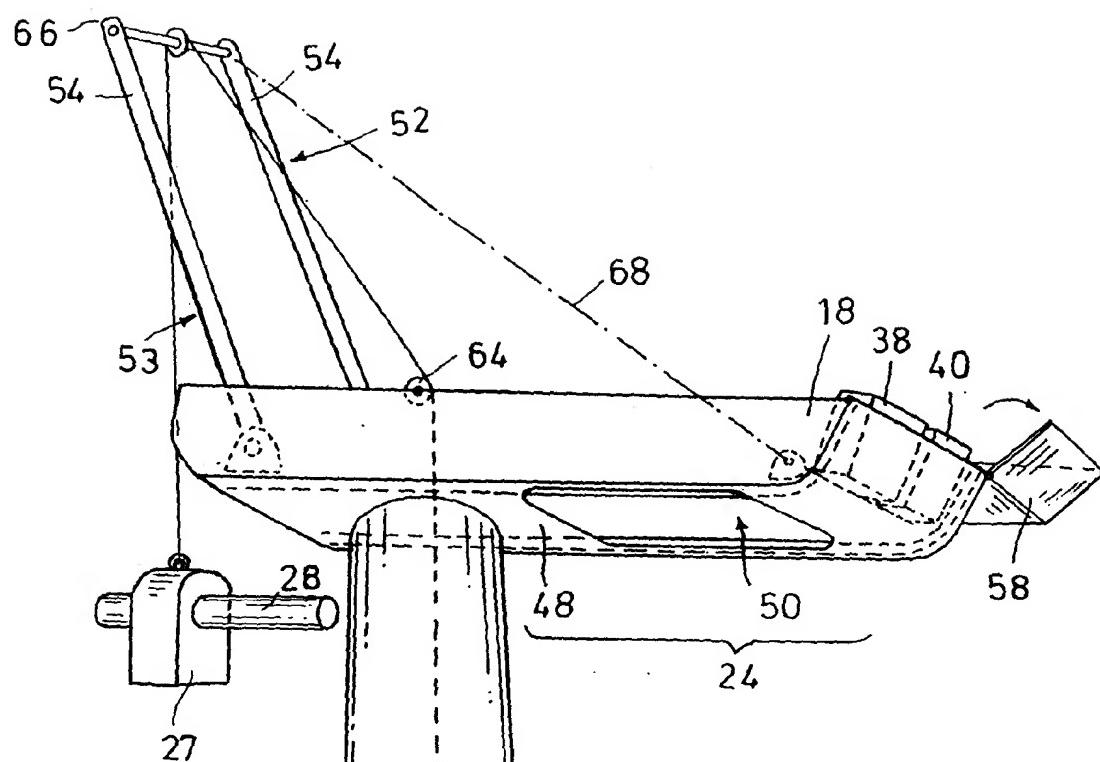


FIG.6

